

УДК 629.78

Использование высокоионизованных поясов Ван-Аллена для питания бортовой аппаратуры космических аппаратов

Малыгин И. В., Строганов Д. А., Юрьев П. С., Куликов Б. А., Сушевская Е. С.

*Уральский федеральный университет, институт радиоэлектроники и информационных технологий–РтФ, Екатеринбург, Россия, 620078
pit_pit2@mail.ru*

Аннотация. В статье описана модель устройства питания на основе блокинг-генератора с жестким самовозбуждением. Данная схема призвана обеспечить электрическим питанием бортовую аппаратуру космических аппаратов, находящихся в высокоионизованных поясах Ван-Аллена. На основе модели создан и успешно апробирован действующий образец.

Ключевые слова: пояса Ван-Аллена, ионизация, космические аппараты, питание

Use of highly ionized Van-Allen belts for powering the spacecrafts onboard equipment.

Malygin I., Stroganov D., Jurev P., Kulikov B., Sushevskaya E.

*Ural Federal University, Institute of Radioelectronics and Information Technologies,
Mira, 32, R041, Ekaterinburg, Russia, 620002*

Abstract. The article describes a power supply model based on a blocking generator with hard self-excitation. This scheme is designed to provide electrical power to the on-board equipment of spacecraft located in high-ionized Van Allen belts. On the basis of the model, the working sample was created and successfully tested.

Keywords: belts of Van Allen, ionization, space vehicles, power.

Введение

Радиационные пояса Земли были предсказаны советскими учёными С. Н. Верновым и А. Е. Чудаковым, а также американским учёным Джеймсом ван Алленом [1]. Существование радиационного пояса было подтверждено аппаратом «Спутник-3», запущенным в 1958 году. Радиационный пояс в первом приближении представляет собой тороид, в котором выделяются две области:

1. Внутренний радиационный пояс на высоте ≈ 4000 км, состоящий преимущественно из протонов с энергией в десятки МэВ.
2. Внешний радиационный пояс на высоте $\approx 17\,000$ км, состоящий преимущественно из электронов с энергией в десятки кэВ.

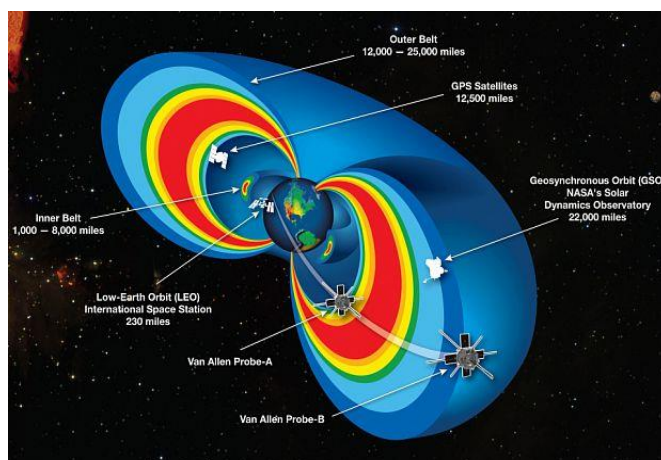


Рис. 1. Пояса ван Аллена

В настоящее время исследованием поясов ван Аллена занимаются два космических аппарата RBSP [2]. Основной миссией аппаратов является изучение поведения частиц, формирующих радиационные пояса, в зависимости от энергии, прибывающей от Солнца. Миссия подтвердила некоторые теории из области физики плазмы, о процессах ускорения частиц, наблюдаемых в радиационных поясах и происходящих под воздействием магнитного поля планеты.

Поскольку радиационные пояса содержат большое количество заряженных частиц с высокой энергией, то электронные приборы космических аппаратов, попадающих в поле их действия, подвергаются воздействию этих высоких энергий. Чисто физически, по проводникам печатных плат спутников и соединительным кабелям начинает перемещаться большее количество заряженных частиц, т. е. увеличиваются токи и напряжения. Поскольку любое электронное устройство рассчитано на работу в определенном диапазоне напряжений и токов, то превышение этого диапазона приводит к выходу устройства из строя.

1. Питание бортовой аппаратуры космических аппаратов

Традиционно вопросы электропитания космических аппаратов представляли собой проблему. Здесь используются солнечные батареи, ядерные источники энергии, термоэлектрические преобразователи (например, солнечные батареи на МКС, аппарат «Космос-367», источником питания которого является ядерная энергетическая установка) [3]. Нельзя ли использовать высокоэнергетические заряженные частицы поясов ван Аллена в качестве источника энергии для питания бортовой аппаратуры? Для этого необходимо «отнять» энергию у заряженных частиц и преобразовать ее в нужную для питания бортовой аппаратуры форму. Задача осложняется тем, что приборы, которые должны осуществить необходимое преобразование, также необходимо защитить от воздействия заряженных частиц.

Для проверки предлагаемой идеи необходимо использовать моделирование, т. к. непосредственному наблюдению радиационные пояса ван Аллена недоступны. Авторам доклада неизвестны средства программного или математического моделирования процесса преобразования энергии заряженных частиц в нужную форму. Поэтому для моделирования был выбран физический эксперимент, основанный на генерации высокоэнергетических заряженных частиц высоковольтным генератором Никола Тесла [4].

Поскольку во времена Никола Тесла не было транзисторов, он использовал в своих схемах в качестве ключевых элементов разрядники. Наше устройство собрано на транзисторах по хорошо известной схеме блокинг-генератора с жестким самовозбуждением. Принципиальная схема физической модели показана на рис. 2.

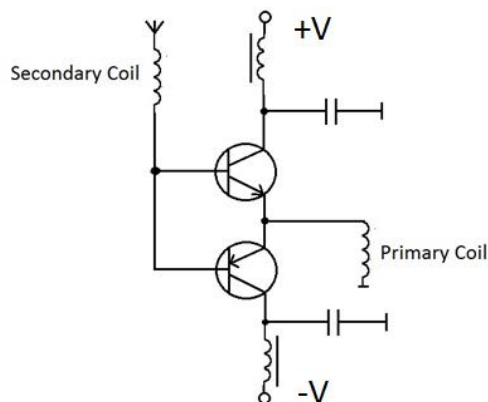


Рис. 2. Схема трансформатора Тесла

2. Моделирование

Внешний вид физической модели приведен на рис. 3. Частицы с высокими энергиями воздействуют на люминофор лампочки, заставляя ее светиться. Многочисленные эксперименты со светодиодными схемами (рис. 4) показывают, что светодиоды светятся из-за бесконтактного воздействия частиц с высокими энергиями на p - n переход. Поскольку подавляющее число радиоэлектронной аппаратуры содержит в себе приборы с p - n переходами (транзисторы, микросхемы), совершенно очевидно такое же беспроводное питание любой электронной аппаратуры. Самая большая проблема здесь состоит в необходимости точного выбора меры воздействия заряженных частиц на электронную аппаратуру, но этот вопрос выходит за границы данного исследования.



Рис. 3. Физическая модель

3. Характеристики физической модели:

1. Напряжение питания $+ -20\text{В}$.
2. Потребляемый ток $0,5\text{ А}$ по каждому каналу.
3. Первичная катушка — 6 витков медной шины ($25 \times 2\text{ мм}$), диаметром 170 мм .

4. Вторичная обмотка — 1300 витков медного провода 0,3 мм. Диаметр катушки 115 мм, высота катушки 500 мм.
5. Длина плазменного (искрового) промежутка 5 мм.



Рис. 4. Эксперимент со светодиодной схемой

Список литературы

1. <http://www-spof.gsfc.nasa.gov/Education/wexp13.html>
2. <http://www.dailytechinfo.org/space/6236-kosmicheskie-apparaty-bliznecy-rbsp-izuchayuschie-radiacionnye-poyasa-van-allena-otmechayut-dva-goda-prebyvaniya-v-kosmose.html>
3. <http://www.boeing.com/space/international-space-station/>
4. "Electrical Transformer Or Induction Device". U.S. Patent No. 433,702, August 5, 1890